

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-045374

(43)Date of publication of application : 16.02.2001

(51)Int.Cl. H04N 5/325
A61B 6/00
G06T 1/00

(21)Application number : 11-215345

(71)Applicant : SHIMADZU CORP

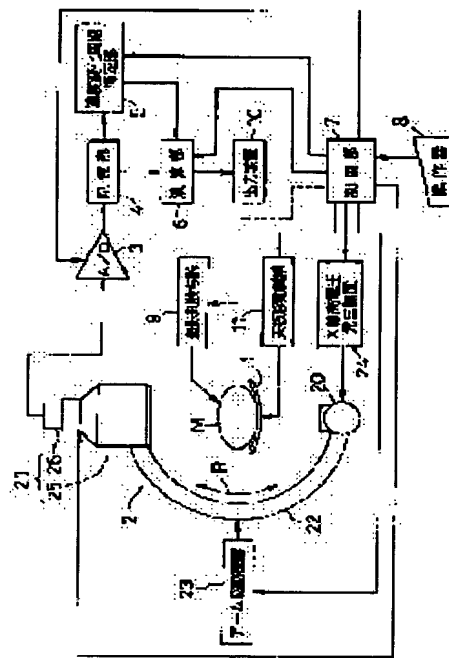
(22)Date of filing : 29.07.1999

(72)Inventor : NISHINO KAZUYOSHI

(54) DIGITAL SUBTRACTION DEVICE**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a subtraction image by reducing an artifact due to the fluctuation of organs due to heart beats or breathing or the like.

SOLUTION: An X-ray radiographic image as a mask image and an X-ray radiographic picture as a live image are continuously photographed by an X-ray radiographic image photographing device 2, and converted into digital signals by an A/D converter 3, and stored in a storage device 4. Then, a density change cycle specifying part 5 converts the temporal density change of at least one part of a digital picture group stored in the storage part 4 into frequency components, and analyzes the frequency components, and specifies the cycle of temporal concentration change corresponding to the fluctuation of a subject in a testee M shown in the digital picture group. Afterwards, an arithmetic part 6 calculates a subtraction image by operating the subtraction of the mask image and the live image whose phases are the closest to the specified cycle in the digital picture group stored in the storage part 4.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-45374

(P2001-45374A)

(43) 公開日 平成13年2月16日 (2001.2.16)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	特開2001-45374A (参考)
H 0 4 N 5/325		A 6 1 B 6/00	3 5 0 S 4 C 0 9 3
A 6 1 B 6/00	3 3 1		3 3 1 E 5 B 0 5 7
	3 3 5		3 3 5
G 0 6 T 1/00		G 0 6 F 15/62	3 9 0 A

審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平11-215345

(22) 出願日 平成11年7月29日 (1999.7.29)

(71) 出願人 000001993

株式会社島津製作所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

(72) 発明者 西野 和義

京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会

社島津製作所内

(74) 代理人 100093056

弁理士 杉谷 勉

Fターム(参考) 4C093 AA04 AA24 CA13 EA02 FD01

FD05 FF15 FF34

5B057 AA08 BA03 BA11 BA29 CA02

CA12 CA16 CB02 CB12 CB16

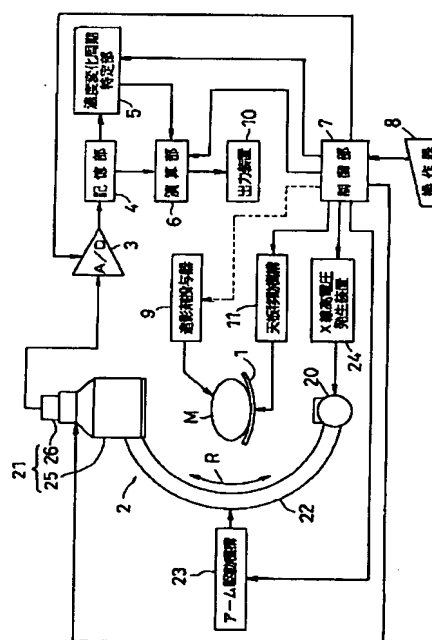
CC03 CE09 CE20 CH08 CH11

(54) 【発明の名称】 デジタルサブトラクション装置

(57) 【要約】

【課題】 心拍や呼吸などによる臓器変動によるアーティファクトが抑制されたサブトラクション像を得る。

【解決手段】 X線透視画像撮影装置2でマスク像となるX線透視画像とライブ像となるX線透視画像とを連続して撮影し、A/D変換器3でデジタル信号に変換して記憶部4に記憶すると、濃度変化周期特定部5は、記憶部4に記憶されたデジタル画像群の少なくとも一部の領域の時間的な濃度変化を周波数成分に変換し、その周波数成分を解析してデジタル画像群に表れる被検者M内の被写体の変動に応じた時間的な濃度変化の周期を特定する。その後、演算部6は、記憶部4に記憶されたデジタル画像群のうち、特定された周期に対して位相が最も近いマスク像とライブ像とをサブトラクションしてサブトラクション像を算出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マスク像となるX線透視画像とライブ像となるX線透視画像とを撮影してデジタル信号に変換し、マスク像とライブ像とをサブトラクションしてサブトラクション像を得るデジタルサブトラクション装置であって、(a) 被検者のX線透視画像を所定の撮影速度で連続して撮影する連続撮影手段と、(b) 撮影されたX線透視画像をデジタル信号に変換する信号変換手段と、

(c) 前記連続撮影手段及び前記信号変換手段によりマスク像となるX線透視画像とライブ像となるX線透視画像とが連続して撮影され、デジタル信号に変換されたデジタル画像群を記憶する記憶手段と、(d) 前記記憶手段に記憶されたデジタル画像群の少なくとも一部の領域の時間的な濃度変化を周波数成分に変換し、その周波数成分を解析して前記デジタル画像群に表れる前記被検者内の被写体の変動に応じた時間的な濃度変化の周期を特定する濃度変化周期特定手段と、(e) 前記記憶手段に記憶されたデジタル画像群のうち、前記特定された周期に対して位相が最も近いマスク像とライブ像とをサブトラクションしてサブトラクション像を算出する演算手段とを備えたことを特徴とするデジタルサブトラクション装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、造影剤が写っていないデジタルのX線透視画像をマスク像、造影剤が写っているデジタルのX線透視画像をライブ像として、これらマスク像とライブ像とを撮影してデジタル信号に変換し、マスク像とライブ像とをサブトラクションして、例えば、血管などの注目部位だけを抽出したサブトラクション像を得るデジタルサブトラクション装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来のこの種のデジタルサブトラクション装置では、被検者に造影剤を投与していない状態でマスク像を予め撮影してデジタル信号に変換してメモリに記憶しておき、その後、被検者に造影剤を投与しながらライブ像を撮影してデジタル信号に変換し、メモリに記憶しておいたマスク像とサブトラクションしてサブトラクション像を算出している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、被検者の心拍や呼吸などにより、被検者内の臓器などの被写体の変動し、サブトラクションして除去すべき画像内の臓器などの位置がマスク像内とライブ像内とでズレが生じて、サブトラクション像にアーティファクトが発生するという問題がある。

【0004】例えば、心拍による臓器変動の場合は、心電計などの検知機器を用いて、心拍による臓器変動の周期を特定し、心拍による臓器変動の一周期分のマスク像を撮影しておくとともに、検知機器によって、ライブ像

の撮影時の心拍による臓器変動の周期に対する位相を特定し、心拍による臓器変動の周期に対して位相が合っているマスク像とライブ像とをサブトラクションすれば、心拍によるアーティファクトの発生を抑制することが可能であると考えられる。しかしながら、このような構成では、特別な検知機器が必要であるとともに、その検知機器を被検者に装着することによって被検者に不快感を与えるなどの問題が生じる。

【0005】また、例えば、呼吸による臓器変動の場合は、撮影中、呼吸を止めることを被検者に要求することで呼吸によるアーティファクトの発生を抑制することが可能であるが、撮影が長引けば被検者に苦痛を与えることになる。また、被検者が小児であれば、撮影中、呼吸を止め続けているとは限らない。さらに、意識不明の患者などは、被検者が自発的に呼吸を止めることもできない。また、上記心拍による臓器変動と同様に、呼吸による臓器変動の周期を特定し、呼吸によるアーティファクトの発生を抑制しようとする、呼吸による臓器変動の周期を検知するための特別な検知機器が必要になる。

【0006】この発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、特別な検知機器を用いず、どのような被検者に対しても、心拍や呼吸などによる臓器変動によるアーティファクトが抑制されたサブトラクション像を得ることができるデジタルサブトラクション装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】この発明は、このような目的を達成するために、次のような構成をとる。すなわち、この発明は、マスク像となるX線透視画像とライブ像となるX線透視画像とを撮影してデジタル信号に変換し、マスク像とライブ像とをサブトラクションしてサブトラクション像を得るデジタルサブトラクション装置であって、(a) 被検者のX線透視画像を所定の撮影速度で連続して撮影する連続撮影手段と、(b) 撮影されたX線透視画像をデジタル信号に変換する信号変換手段と、(c) 前記連続撮影手段及び前記信号変換手段によりマスク像となるX線透視画像とライブ像となるX線透視画像とが連続して撮影され、デジタル信号に変換されたデジタル画像群を記憶する記憶手段と、(d) 前記記憶手段に記憶されたデジタル画像群の少なくとも一部の領域の時間的な濃度変化を周波数成分に変換し、その周波数成分を解析して前記デジタル画像群に表れる前記被検者内の被写体の変動に応じた時間的な濃度変化の周期を特定する濃度変化周期特定手段と、(e) 前記記憶手段に記憶されたデジタル画像群のうち、前記特定された周期に対して位相が最も近いマスク像とライブ像とをサブトラクションしてサブトラクション像を算出する演算手段とを備えたものである。

【0008】【作用】この発明の作用は次のとおりである。例えば、被検者への造影剤の投与前後から連続撮影

手段で被検者のX線透視画像を所定の撮影速度で連続して撮影し、撮影された各X線透視画像を信号変換手段で次々にデジタル信号に変換して記憶手段に記憶していく。

【0009】これにより、撮影部位に造影剤が到達する前の造影剤が写っていないマスク像となるデジタルのX線透視画像に続いて、撮影部位に造影剤が到達した後の造影剤が写っているライブ像となるデジタルのX線透視画像が時系列的に連続して並んだデジタル画像群が記憶手段に記憶される。

【0010】濃度変化周期特定手段は、この記憶手段に記憶されたデジタル画像群の少なくとも一部の領域の時間的な濃度変化を周波数成分に変換する。そして、その周波数成分を解析してデジタル画像群に表れる、心拍や呼吸などによる被検者内の臓器などの被写体の変動に応じた時間的な濃度変化の周期を特定する。なお、造影剤による濃度変化は、時間的な濃度変化を周波数成分に変換した際に、被検者内の被写体の変動に応じた時間的な濃度変化から分離されるので、造影剤による濃度変化の影響を受けることなく、被検者内の被写体の変動に応じた時間的な濃度変化の周期を特定することができる。

【0011】ここで、上述したように、連続撮影手段はX線透過画像を所定の撮影速度で撮影されるので、例えば、記憶手段に記憶された、あるライブ像の撮影タイミングから、上記特定された周期ごとに逆上っていけば、そのライブ像に対して、上記特定された周期における最も近い位相（同じ位相があればその位相、同じ位相がなければそれに最も近い位相）の撮影タイミングで撮影されたマスク像を特定することができる。演算手段は、上述した原理に基づき、記憶手段に記憶されたデジタル画像群から、特定された周期に対して位相が最も近いマスク像とライブ像とを選び出して、そのマスク像とライブ像とをサブトラクションしてサブトラクション像を算出する。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照してこの発明の実施の形態を説明する。図1はこの発明の一実施例に係るデジタルサブトラクション装置の構成を示すブロック図である。

【0013】この実施例装置は、被検者Mを載置支持する天板1や、被検者MのX線透視画像を所定の撮影速度で連続して撮影する連続撮影手段に相当するX線透視画像撮影装置2、撮影されたX線透過画像をデジタル信号に変換する信号変換手段に相当するA/D（アナログto デジタル）変換器3、撮影されたX線透視画像をデジタル信号に変換したデジタル画像群を記憶する記憶手段に相当する記憶部4、濃度変化周期特定手段に相当する濃度変化周期特定部5、演算手段に相当する演算部6、各部を制御する制御部7、術者からの操作を行う操作器8、被検者Mに造影剤を投与する造影剤投与器9、算出

されたサブトラクション像を出力する出力装置10などを備えている。

【0014】天板1は、図示しない天板基台に支持されていて、天板移動機構11によって、その天板基台に対して、図1の紙面に垂直な方向へ水平移動可能に構成されている。この天板移動機構11は制御部7により制御される。

【0015】X線透視画像撮影装置2は、X線管20と撮影系21とを備えている。これらX線管20と撮影系21とは天板1に載置支持された被検者Mを挟んで対向配置された状態でC型アーム22の両端部に取り付けられている。C型アーム22は、図示しないアーム基台に支持されている。

【0016】上述した天板1の水平移動により被検者Mの体軸方向（図1の紙面に垂直な方向）の撮影部位を変更することが可能である。また、C型アーム22は、アーム駆動機構23によって、天板1上の被検者Mの体軸周りの回動（矢印R）や、天板11上の被検者Mの体軸方向への傾動などが可能になっていて、撮影部位に対する撮影方向（X線の照射方向）を変更することも可能である。アーム駆動機構23は制御部7により制御される。

【0017】X線管20には、X線高電圧発生装置24が接続され、このX線高電圧発生装置24からX線管20に所定の電力が供給されるとX線管20からX線が照射される。X線高電圧発生装置20からX線管20への電力の供給/停止（X線の照射/停止）の制御は制御部7により行われる。

【0018】撮影系21は、例えば、イメージインテンシファイア25やテレビカメラ26などを備えて構成されている。被検者Mを透過した透過X線がイメージインテンシファイア25で可視光に変換され、その可視光のX線透過画像がテレビカメラ26で撮影される。テレビカメラ26は、X線透視画像を所定の撮影速度で撮影することができる。テレビカメラ26から出力されたビデオ信号（アナログ信号）は、A/D変換器3でデジタル信号に変換され、記憶部4に記憶される。なお、X線透視画像の撮影速度は、変更可能に構成され、撮影部位などに応じて最適な撮影速度で撮影できるようになっている。撮影速度は、例えば、操作器8から術者により指定される。

【0019】撮影系21によるX線透視画像の撮影（撮影速度の設定や撮影の開始/停止）や、A/D変換器3による信号変換などは、制御部7により制御されて行われる。なお、撮影速度は、制御部7から演算部6にも与えられる。

【0020】記憶部4は、サブトラクション像を算出するまで、得られたデジタル画像を記憶しておく場所であり、揮発性のメモリであってもよいし、磁気ディスクなどの保存可能な外部記憶装置であってもよい。

【0021】濃度変化周期特定部5は、記憶部4へ必要なデジタル画像が記憶された後、後述するように、記憶部4に記憶されたデジタル画像群に表れる被検者M内の被写体の変動に応じた時間的な濃度変化の周期を特定する。この濃度変化周期特定部5による処理は、制御部7からの指示により開始され、特定された周期は演算部6に与えられる。

【0022】演算部6は、後述するように、記憶部4に記憶されたデジタル画像群のうち、濃度変化特定部5で特定された周期に対して位相が最も近いマスク像とライブ像とをサブトラクションしてサブトラクション像を算出し、出力装置10に出力する。

【0023】記憶部4や濃度変化周期特定部5、演算部6、制御部7などは、CPUやメモリなどを備えたコンピュータで構成されている。

【0024】操作器8は、術者が装置に対して適宜の指示や設定などを行うために設けられている。

【0025】造影剤投与器9は、被検者Mへ造影剤の投与するもので、その被検者Mへの造影剤の投与を、制御部7からの指示により自動的に行えるように構成されたものでもよいし、術者の手動操作で行えるように構成されたものでもよい。

【0026】出力装置10としては、例えば、サブトラクション像を表示する画像表示装置や、サブトラクション像をプリントアウトするプリンタ、サブトラクション像を記憶（保存）する揮発性のメモリまたは／および外部記憶装置などが例示される。

【0027】なお、記憶部4に記憶されたデジタル画像は、必要に応じて、画像表示装置（出力装置10を構成する画像表示装置でもよいし、それと別個に設けた図示しない画像表示装置でもよい）に表示可能に構成してもよい。

【0028】次に、上記構成を有する実施例装置の動作を説明する。まず、術者は、天板1上に被検者Mを載置させ、天板移動機構11やアーム駆動機構23に対する移動情報や駆動情報を操作器8から設定して、被検者Mの体軸方向の撮影部位やその撮影部位に対する撮影方向を調節する。そして、造影剤投与器9を被検者Mに装着して被検者Mへ造影剤を投与可能な状態にする。

【0029】この状態で、術者は操作器8から撮影開始指示を与えて、被検者Mへの造影剤の投与前後からの被検者MのX線透視画像をX線透視画像撮影装置2により所定の撮影速度で連続して撮影し、撮影された各X線透視画像をA/D変換器3で次々にデジタル信号に変換して記憶部4に記憶していく。

【0030】これにより、図2に示すように、撮影部位に造影剤が到達する前の造影剤が写っていないマスク像となるデジタルのX線透視画像MGに続いて、撮影部位に造影剤が到達した後の造影剤が写っているライブ像となるデジタルのX線透視画像RGが時系列的に連続して

並んだデジタル画像群G(t)が記憶部4に記憶される。

【0031】図2では、nフレーム/秒（例えば、30フレーム/秒）の均一な撮影速度で連続撮影した場合を示している。従って、この場合、各画像G(t)が1/n秒ごとに撮影されることになる。

【0032】なお、被検者Mへの造影剤の投与を、制御部7からの指示により自動的に行える造影剤投与器9の場合は、制御部7が、上記撮影開始指示により、マスク像とライブ像とを撮影できるように、X線透視画像撮影装置2による連続撮影の開始タイミングと、被検者Mへの造影剤の投与の開始タイミングとを制御する。また、被検者Mへの造影剤の投与を、術者の手動操作で行う造影剤投与器9の場合は、制御部7は、上記撮影開始指示により、X線透視画像撮影装置2による連続撮影を開始させ、一方で、術者は、マスク像とライブ像とを撮影できるように、上記撮影開始指示を与えるタイミングと、被検者Mへの造影剤の投与の開始タイミングとを調節する。

【0033】一連のX線透視画像の撮影を終了して、マスク像となるデジタル画像MGとライブ像となるデジタル像RGとを含む多数枚のデジタル画像群G(t)が記憶部4に記憶されると、制御部7は、濃度変化周期特定部5に、処理開始の指示を与える。

【0034】この指示を受けると、濃度変化周期特定部5は、まず、記憶部4に記憶されたデジタル画像群G(t)の少なくとも一部の領域の時間的な濃度変化を周波数成分に変換する。

【0035】この処理は、記憶部4に記憶されたデジタル画像群G(t)のうちの少なくとも一部のデジタル画像G(ta)～G(tb) (ta≥t1、tb≤ts、ta<tb)を処理対象として、その処理対象のデジタル画像G(ta)～G(tb)ごとに、処理対象領域の平均濃度(N(t)とする)を求め、これら平均濃度N(ta)～N(tb)を、例えば、フーリエ変換(FFT変換)して周波数成分(F(ω)、ωは周波数とする)に変換する。

【0036】図3(a)は、上記各デジタル画像G(ta)～G(tb)ごとの上記平均濃度N(ta)～N(tb)の時間変化の一例をグラフで表した図であり、図3(b)はそれを周波数変換した結果の一例をグラフで表した図である。

【0037】次に、その周波数成分(F(ω))を解析して、ピーク周波数(図3(b)ではωc)を検索し、このピーク周波数を、デジタル画像群G(t)に表れる、心拍や呼吸などによる被検者M内の臓器などの被写体の変動に応じた時間的な濃度変化の周期(Tとする)に対応する周波数として、その周波数(ωc)の逆数によって上記周期Tを求める。

【0038】心拍や呼吸などにより被検者M内の臓器な

どの被写体が変動し、これに応じて、例えば、各デジタル画像 $G(t_a) \sim G(t_b)$ の処理対象領域に写る臓器などの面積が徐々に少なくなったり、徐々に多くなるなどの変化が周期的に繰り返され、これにより、例えば、各デジタル画像 $G(t_a) \sim G(t_b)$ の処理対象領域の平均濃度 $N(t_a) \sim N(t_b)$ が、上記心拍や呼吸などによる被検者M内の臓器などの被写体の変動に対応して周期的に変化し、周波数成分に変換したとき、その周期的な濃度変化が最も大きな周波数成分として表れる。

【0039】従って、上述した処理により、上記心拍や呼吸などによる被検者M内の臓器などの被写体の変動の周期Tを特定することができる。

【0040】なお、造影剤が写っているか写っていないかによる濃度変化は、時間的な濃度変化を周波数成分に変換した際に、被検者M内の被写体の変動に応じた時間的な濃度変化から分離され、例えば、上記ピーク周波数 ω_c と別の周波数に小さく表れるので、造影剤による濃度変化の影響を受けることなく、被検者M内の被写体の変動に応じた時間的な濃度変化の周期Tを特定することができる。従って、マスク像となるデジタル画像MGとライブ像となるデジタル画像RGとが混在していても、目的の周期Tを特定することができる。

【0041】また、上記処理に用いるデジタル画像 $G(t_a) \sim G(t_b)$ としては、記憶部4に記憶されている全てのデジタル画像群($t_a = t_1$ で $t_b = t_s$)でもよいし、一部のデジタル画像群($t_a = t_1$ で $t_b < t_s$ 、または、 $t_a > t_1$ で $t_b = t_s$ 、または、 $t_a > t_1$ で $t_b < t_s$)であってもよい。ただし、処理に用いるデジタル画像群 $G(t_a) \sim G(t_b)$ 内に、より多くの上記周期Tの濃度変化が含まれている方が、周波数成分に変換したときに、上記周期Tに対応するピーク周波数 ω_c が顕著に表れて、上記周期Tの特定をより精度良く行える。従って、処理に用いるデジタル画像 $G(t)$ の枚数は多い方が好ましく、記憶部4に記憶されている全てのデジタル画像群 $G(t)$ を処理に用いる方が好ましい。

【0042】また、各デジタル画像の処理対象領域は、各デジタル画像の全領域であってもよいし、一部の小領域であってもよい。

【0043】ここで、各デジタル画像の処理対象領域の平均濃度が、被検者M内の被写体の変動に応じて時間的に変化していないと、上記目的の周期Tが特定できない。例えば、各デジタル画像の処理対象領域が大き過ぎたり、その位置が不適切であると、被検者M内の被写体の変動が平均化されてしまって、各デジタル画像の処理対象領域の平均濃度が時間的に変化していない状態にもなり得て、その場合には、上記目的の周期Tが特定できない。

【0044】従って、各デジタル画像の処理対象領域の

平均濃度が、被検者M内の被写体の変動に応じて時間的に変化するのであれば、各デジタル画像の全領域を処理対象領域としてもよいし、そのような平均濃度の時間的に変化が顕著に観察できるような領域が各デジタル画像の一部の小領域に限定されるのであれば、各デジタル画像の一部の小領域を処理対象領域とすればよい。これは、X線透視画像を撮影する撮影部位や、撮影範囲の大きさなどの撮影条件などにより相違すると考えられるので、撮影条件などに応じて最適な処理対象領域を設定すればよい。

【0045】なお、処理対象領域をデジタル画像の全領域とするか、一部の領域とするか、一部の領域とする場合は、その大きさ、デジタル画像内での位置などの処理対象領域の設定条件として、撮影条件などに対して最適な処理対象領域の設定条件が一義的に決まる場合には、処理対象領域の設定条件を撮影条件などに応じて予め決めておいてもよい。また、処理対象領域の設定条件を術者が指定できるようにしてもよい。術者が指定する場合には、記憶部4に記憶したデジタル画像を画像表示装置に表示し、術者はその表示画像を見ながら処理対象領域を操作器8などから指定するようにすればよい。

【0046】以上のようにして、目的の周期Tが特定され、演算部6に与えられると、演算部6は、その周期TとX線透視画像撮影装置2での撮影速度により、記憶部4に記憶されたデジタル画像群 $G(t)$ から、特定された周期Tに対して位相が最も近いマスク像とライブ像とを選び出して、そのマスク像とライブ像とをサブトラクションしてサブトラクション像を算出し、出力装置10から出力する。

【0047】すなわち、上述したように、X線透過画像は所定の撮影速度で撮影されるので、例えば、記憶部4に記憶された、あるライブ像の撮影タイミングから、上記特定された周期Tごとに逆上っていけば、そのライブ像に対して、上記特定された周期Tにおける最も近い位相(同じ位相があればその位相、同じ位相がなければそれに最も近い位相)の撮影タイミングで撮影されたマスク像を特定することができる。

【0048】例えば、図4に示すように、12枚のX線透視画像を連続して撮像し、最初の3枚のデジタル画像 $G(t_1) \sim G(t_3)$ をマスク像MG、後の9枚のデジタル画像 $G(t_4) \sim G(t_{12})$ をライブ像RGとし、上記特定された一周期Tが、あるX線透視画像の撮像タイミングから4枚後のX線透視画像の撮像タイミングまでの間の時間であったとすれば、上記周期Tに対して位相が最も近いマスク像とライブ像の組み合わせは以下になる。

【0049】ライブ像 $G(t_4)$ 、 $G(t_7)$ 、 $G(t_{10})$ に対してはマスク像 $G(t_1)$ 、ライブ像 $G(t_5)$ 、 $G(t_8)$ 、 $G(t_{11})$ に対してはマスク像 $G(t_2)$ 、ライブ像 $G(t_6)$ 、 $G(t_9)$ 、 $G(t_{12})$

2) に対してはマスク像 $G(t_3)$ 。

【0050】なお、図4に示すように、上記特定された一周期 T が、あるX線透視画像の撮像タイミングと次のX線透視画像の撮像タイミングまでの間の撮影間時間 w の整数倍であれば、上記周期 T に対して位相が合った(位相が一致する)マスク像とライブ像が存在するが、上記特定された一周期 T が、上記撮影間時間 w の整数倍でなければ、上記周期 T に対して位相が一致したマスク像とライブ像は存在しないので、最も近い位相のマスク像とライブ像をサブトラクションすればよい。ただし、上記撮影間時間 w は、1秒以下の極めて短い時間であるので、最も近い(若干ずれている)位相のマスク像とライブ像であっても、それら各画像の撮影タイミングのズレは、極めて短い上記撮影間時間 w 内での時間のズレである。従って、一致していないが最も近い(若干ずれている)位相のマスク像とライブ像であっても、時間的に見て位相は略同じであると見做せる。

【0051】演算部6では、記憶部4に記憶されたデジタル画像群 $G(t)$ の先頭側から一周期 T 分のマスク像群を決める。このマスク像群の先頭のマスク像としては、記憶部4に記憶された先頭のデジタル画像 $G(t_1)$ としてもよいし、先頭から数枚目のデジタル画像 $G(t_2)$ や $G(t_3)$ 、 $G(t_4)$ などとしてもよい。なお、X線透視画像の撮影では、少なくとも、一周期 T 分のマスク像となるX線透視画像が含まれるようにする。上記周期 T は、正確ではないがおおよその値は予測できるので、その予測した周期よりも若干長い時間の間マスク像(造影剤が写っていないX線透視画像)を撮影するようにすればよい。

【0052】そして、例えば、上記マスク像群の次のデジタル画像から最後のデジタル画像まで次々に、マスク像群内で位相が最も近い(同じ位相があればその位相、同じ位相がなければそれに最も近い位相)の撮影タイミングで撮影されたマスク像とのサブトラクション像を算出していけば、位相が略同じマスク像とライブ像とのサブトラクション像が得られる。

【0053】このように処理すれば、多数のライブ像に対して位相が略同じマスク像との間でサブトラクションした多数のサブトラクション像を自動的に得ることができる。なお、上記マスク像群として決めた次のデジタル画像がライブ像となるデジタル画像であるとは限らないので、上記処理では、一部でマスク像となるデジタル画像同志のサブトラクション像が得られるが、どこからライブ像となるデジタル画像になるかを特定するのは難しいので、上記のように処理すれば、ライブ像となる多数のデジタル画像に対するサブトラクション像を漏れなく得ることができる。

【0054】なお、どこからライブ像となるデジタル画像になるかが特定されている場合には、そのデジタル画像から最後のデジタル画像まで次々に、マスク像群内で

位相が最も近いマスク像とのサブトラクション像を算出してもよい。また、操作器8などから術者によって指定されたデジタル画像から最後のデジタル画像まで次々に、マスク像群内で位相が最も近いマスク像とのサブトラクション像を算出してもよい。さらに、操作器8などから術者によってデジタル画像が1枚ずつ指定され、その指定されたデジタル画像に対して一周期 T 分のマスク像群内で位相が最も近いマスク像を検索してサブトラクション像を算出するように構成してもよい。

【0055】このように、心拍や呼吸などによる被検者内の臓器などの被写体の変動の周期 T に対して位相が略同じマスク像とライブ像とをサブトラクションしてサブトラクション像を算出するので、心拍や呼吸などによる臓器変動によるアーティファクトが抑制されたサブトラクション像を得ることができる。

【0056】また、マスク像となるX線透視画像とライブ像となるX線透視画像とを連続して撮影し、デジタル信号に変換したデジタル画像群 $G(t)$ を記憶部4に記憶し、これらデジタル画像群 $G(t)$ から直接、心拍や呼吸などによる被検者M内の臓器などの被写体の変動に応じた時間的な濃度変化の周期 T を特定し、その周期 T に対して位相が最も近いマスク像とライブ像とをサブトラクションしてサブトラクション像を算出するので、特別な検知機器を用いず、どのような被検者Mに対しても、心拍や呼吸などによる臓器変動によるアーティファクトが抑制されたサブトラクション像を得ることができる。

【0057】なお、上記実施例は、以下のように変形実施することができる。濃度変化周期特定部5による処理において、処理対象の各デジタル画像ごとに、図5に示すように、例えば格子状に複数の小領域(図では9つの小領域 $L_{A1} \sim L_{A9}$)に分割し、各小領域ごとに、平均濃度の時間的な変化を周波数成分に変換し、各小領域ごとのピーク周波数に対応する周期を特定する。そして、各小領域ごとの周期の統計をとって、最も分布が大きな周期を目的の周期 T と特定する。

【0058】このように構成すれば、撮影条件などによって処理対象領域を変更したり、術者が処理対象領域を指定することなく、どのような撮影条件であっても目的の周期 T を自動的に特定することが期待できる。

【0059】また、濃度変化周期特定部5で目的の周期 T が特定されると、記憶部4に記憶されている各デジタル画像ごとに、その周期 T に対する位相情報を付加して記憶部4に記憶し、演算部6は、その位相情報に基づき、上記周期 T に対して位相が最も近いマスク像とライブ像とを選び出してサブトラクション像を算出するようにしてもよい。このように構成すれば、各デジタル画像ごとに位相情報が残るので、撮影を終えた後、事後的に位相を合わせたマスク像とライブ像とのサブトラクション像を算出することが可能になる。

【0060】また、上記実施例では、連続して撮影するX線透視画像を均一な撮影速度で撮影するようにしたが、X線透視画像を連続して撮影する間に撮影速度を適宜に変更してもよい。目的の周期Tと各デジタル画像の撮影タイミングが判れば、上記周期Tに対する位相が特定でき、各デジタル画像の撮影タイミングは各画像を撮影する際の撮影速度が判れば特定することができるので、X線透視画像を連続して撮影する間に撮影速度を適宜に変更しても、上記周期Tに対して位相を合わせたマスク像とライブ像とのサブトラクション像を算出すること

【0061】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、この発明によれば、マスク像となるX線透視画像とライブ像となるX線透視画像とを連続して撮影し、デジタル信号に変換したデジタル画像群を記憶手段に記憶し、これらデジタル画像群から直接、心拍や呼吸などによる被検者内の臓器などの被写体の変動に応じた時間的な濃度変化の周期を特定し、その周期に対して位相が最も近いマスク像とライブ像とをサブトラクションしてサブトラクシ

ョン像を算出するので、特別な検知機器を用いず、どのような被検者に対しても、心拍や呼吸などによる臓器変動によるアーティファクトがないサブトラクション像を得ることができる。

【0062】特に、小児や意識不明の患者のサブトラクション像を得る際の呼吸による臓器変動によってサブトラクション像に発生するアーティファクトの抑制は、従来

* 来困難であったが、この発明によれば、そのような場合にもアーティファクトを抑制したサブトラクション像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例に係るデジタルサブトラクション装置の構成を示すブロック図である。

【図2】連続して撮影された画像を時系列的に並べた図である。

【図3】濃度変化周期特定部の処理を説明するための図である。

【図4】濃度変化の周期に対するマスク像とライブ像との位相を示す図である。

【図5】処理対象領域の設定に関する変形例を説明するための図である。

【符号の説明】

1：天板

2：X線透視画像撮影装置

3：D/A変換器

4：記憶部

5：濃度変化周期特定部

6：演算部

M：被検者

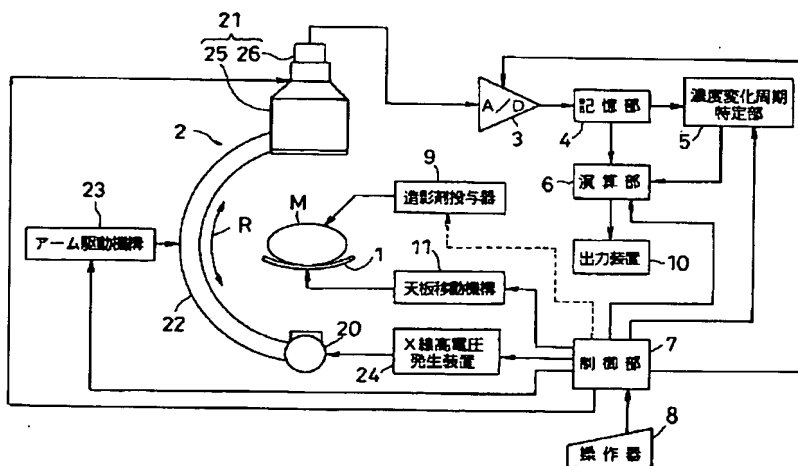
G(t)：デジタル画像群

MG：マスク像

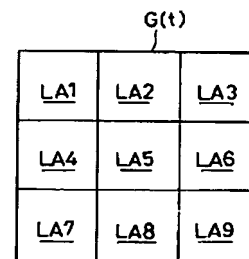
RG：ライブ像

T：デジタル画像群に表れる被検者内の被写体の変動に応じた時間的な濃度変化の周期

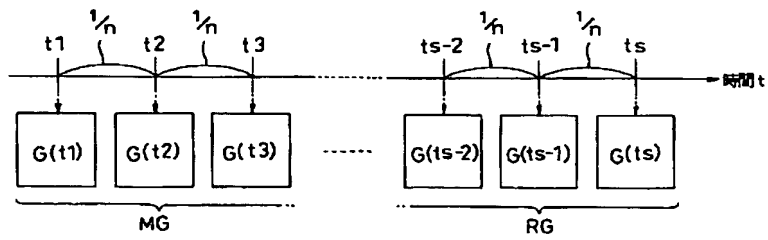
【図1】



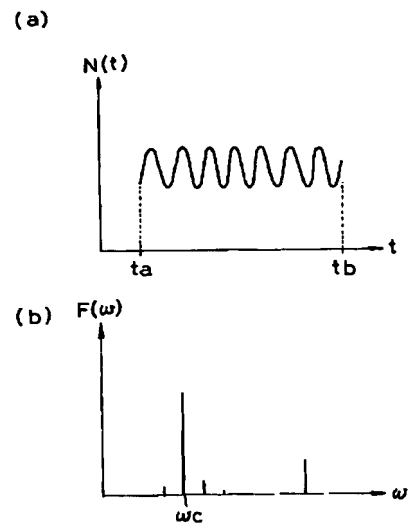
【図5】



【図2】



【図3】



【図4】

